

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-018603

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl.

H04N 7/32

(21)Application number : 2001-200158

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 29.06.2001

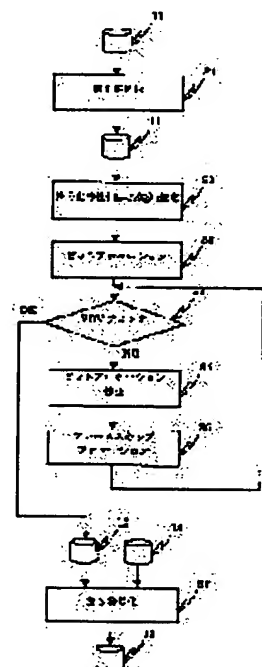
(72)Inventor : KOTO SHINICHIRO

(54) METHOD AND DEVICE FOR ENCODING MOVING IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for encoding high-efficient 2-path moving images in which an accurate VBV management is made compatible with an allocation of an optimum code amount in an inter-frame predictive encoding of a variable frame rate.

SOLUTION: In first encoding, an input moving image signal to be input in units of frame is encoded at a fixed frame rate to produce statistical data containing a generated code amount of each frame (step S1), and at least one of a code amount allocation and a quantizing scale allocation for each frame is determined in accordance with the obtained statistical data (steps S2 and S3). Further, a frame skip allocation indicating presence or absence of execution of a frame skip of each frame is determined (step S6), and in second encoding, the input moving image signal is encoded in accordance with at least one of the determined code amount allocation and quantizing scale allocation and the frame skip allocation, to produce a code column.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

像の統計的性質を分析し、その分析結果に基づいて2回目の符号化を行う動画符号化方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】DVD(Digital Versatile Disc)に代表されるような可変レートのデータ読み出しが可能な蓄積メディアでは、動画画像信号を記録する際に可変ビットレートの動画符号化を用いることで、一定のディスク容量の中で高効率な動画画像正縮を表現している。例えば、DVDではMPEG2(Moving Picture Experts Group phase 2)動画符号化方式が採用されている。

【0003】MPEG2では、エントロピー符号化を用いているため、入力動画画像の解像度や動きの速しさに応じて、一定の画質を得るための必要な符号量が異なってくる。従って動画画像の性質に介わせてビットレートを変動させることで、固定ビットレートに符号化し比べ、平均ビットレートを下げることが可能となり、総符号量を削減することが可能となる。

【0004】DVDのような蓄積メディアへの記録のための動画符号化では、最適なビット配分を実現するため、2回の符号化により動画画像を符号化する、いわゆる2パス符号化がしばしば行われる。例えば、特開平8-186821には、1回目の符号化によってフレーム単位の統計データを取得し、それに基づいて動画画像スケール全体にわたってフレーム単位の符号量割り当てを行ない、可変ビットレートによる2回目の符号化を行う技術が開示されている。

【0005】インターネットやモバイル端末での動画伝送をターゲットとして、DVDの記録ビットレートよりも低ビットレートで動画画像信号を符号化することを目的としたMPEG4(Moving Picture Experts Group phase 4)動画符号化方式が1999年に規格化された。MPEG4は、MPEG2に比べて圧縮効率の向上やエラー耐性の強化、オブジェクト符号化に代表されるアプリケーションの多様性など、様々な機能拡張がなされた動画符号化方式である。MPEG2では、TV信号やシネフィルムを想定した固定フレームレートでの符号化が基本となっているのに対して、MPEG4では低レートの符号化を実現するため、フレームスキップを用いることで任意のフレームレートでの符号化が可能となっている。

【0006】MPEG4動画符号化方式では、フレームレートをいかに動的に制御するかが、同じ平均ビットレートの下での画質の良否に大きく影響する。例えば、特開2000-350211に示されるように、入力画像の動きの有無などを事前に検出し、シーン毎にフレームレートを変更して符号化を行う方法などが知られている。

【0007】MPEG2およびMPEG4動画符号化方式では、VBV(Video Buffering Verifier)と呼ばれ、仮想デコーダにおける受信バッファモデルに

て、バッファのアンダーフローやオーバーフローが発生しないように、レート制御を伴って符号化を行うことが要求されている。しかし、特開2000-350211では、VBVの管理が考慮されていない。

【0008】また、VBVの動作はフレームを単位とするバッファ変動モデルであるため、VBVの制御と高効率符号化のための符号量割り当てを実現するには、フレーム単位の発生符号量を正確に推定する必要がある。MPEG2やMPEG4では、フレーム間予測符号化が行われるため、フレームスキップがある場合、予測画像と参照画像とのフレーム間隔が大きくなる、予測効率が低下して符号化効率が低下する場がある。従って、1回目の符号化と2回目の符号化においてフレームスキップの位置が異なると、1回目の符号化で2回目の符号化における発生符号量を予測することが直接的には困難となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述したように従来の2パス符号化による動画符号化技術においては、2回目の符号化でフレームレート可変のフレーム間予測符号化を行う場合、VBV管理の下で正確かつ最適な符号量割り当てを行うことが困難であるという問題があった。

【0010】本発明は、フレームレート可変のフレーム間予測符号化において最適な符号量割り当ての画立を可能とする、2パス符号化による高効率の動画符号化方法及び装置を提供することを主たる目的とする。

【0011】本発明の他の目的は、2パスの符号化において正確なVBV管理と最適な符号量割り当ての画立を可能とすることにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は少なくとも2回の符号化によって動画画像を符号化する動画符号化において、フレーム単位で入力される入力動画画像信号を固定フレームレートで符号化してフレーム毎の発生符号量を固定フレームレートで符号化し第1符号化を行う。次に、第1符号化で生成された統計データに基づいて各フレームに対する符号量割り当て及び電子化スケール割り当ての少なくとも一方を決定し、各フレームスキップの発生符号量を固定フレームレートで符号化して各フレームスキップの発生符号量を示すフレームスキップ割り当てを決定する。こうして決定された符号量割り当て及び電子化スケール割り当ての少なくとも一方とフレームスキップ割り当てに従って入力動画画像信号を符号化して符号列を生成する第2符号化を行う。

【0013】また、本発明による少なくとも2回の符号化によって動画画像を符号化する処理をコンピュータ実行させるためのプログラムであって、フレーム単位で入力される入力動画画像信号を固定フレームレートで符号化してフレーム毎の発生符号量を含む統計データを生成する処理と、前記統計データに基づいて各フレームに対する符号量割り当て及び電子化スケール割り当ての少なく

とも一方を決定する処理と、前記統計データに基づいて各フレームのフレームスキップの発生の有無を示すフレームスキップ割り当てを決定する処理と、前記符号量割り当て及び電子化スケール割り当ての少なくとも一方と前記フレームスキップ割り当てに従って前記入力動画画像信号を符号化して符号列を生成する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラムが提供される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る動画符号化装置の概略的な構成を示すブロック図である。この動画符号化装置は、全体がハードウェアにより実現されているが、一部または全部がコンピュータによるソフトウェア処理によって実現されてもよい。

【0015】図1において、蓄積メディア1は例えばハードディスクやデジタルVTRであり、この蓄積メディア1から再生される動画画像信号(映像信号)は符号化部2に符号化対象の画像信号(入力動画画像信号という)として入力される。符号化部2は、例えばMPEG4方式に基づく動画符号化装置(MPEG4エンコーダ)によって構成される。符号化部2は、蓄積メディア1から繰返し再生される同じ動画画像スケールの入力動画画像信号を少なくとも2回符号化することによって最終的な符号化データを出力する。

【0016】符号化部2においては、まず1回目の符号化(以下、第1符号化という)において入力動画画像信号のフレーム毎の符号化特性を反映した統計データが抽出される。この統計データは、符号化特性推定部3に入力される。符号化特性推定部3では、入力された統計データに基づき符号化部2の推定する符号化特性が推定される。

【0017】符号化特性推定部3で推定された符号化特性に基づいて、符号量/電子化スケール割り当て部4により各フレームに対する符号化割り当て及び電子化スケール割り当ての少なくとも一方が行われる。すなわち、符号化部2において入力動画画像信号1を符号化するとき各フレームに対する符号量割り当てまたは電子化スケールあるいはその両方が決定される。

【0018】さらに、符号化特性推定部3で推定された符号化特性に基づいて、フレームスキップ割り当て部5により各フレームのフレームスキップの発生の有無を示すフレームスキップ割り当てが行われる。すなわち、フレームスキップ割り当て部5では、符号化部2が2回目の符号化(以下、第2符号化という)を行うときの各フレームのフレームスキップの有無が決定される。

【0019】こうしてフレーム毎に決定された符号量割り当て及び電子化スケールの少なくとも一方とフレームスキップ割り当てに基づいて、符号化部2において第2符号化が行われる。第2符号化で符号化部2により生成

された符号列は、最終的な符号化データとして動画符号化装置より出力される。

【0020】次に、図2に示すフローチャートを用いて本実施形態における概略的な処理の流れを説明する。なお、本実施形態では各フレームに対する符号量割り当て及び電子化スケール割り当てのうち符号量割り当てのみを決定する場合について説明するが、フレーム毎の符号量割り当てに代えてフレーム毎の電子化スケール割り当てを決定してもよく、あるいはフレーム毎の符号量割り当てと電子化スケール割り当ての両方を決定してもよい。

【0021】まず、符号化対象である入力動画画像信号10に対して、第1符号化を行う(ステップS1)。第1符号化は、入力動画画像信号10のフレーム毎の符号化特性を示す統計データ11を収集することが目的であり、例えば固定の電子化スケールを用い、さらに例えばMPEG4などの標準化された動画符号化方式により、固定フレームレートで符号化を行う。統計データ11は、各フレームの電子化スケールの情報と発生符号量の情報を含むものとする。

【0022】次に、ステップS1で得られた統計データ11から、符号化特性の推定を行う(ステップS2)。符号化特性とは、例えばフレーム毎の発生符号量と電子化スケールの間接な関連を及ぼす関数であり、ステップS2ではその関数のパラメータを出力する。

【0023】次に、ステップS2で得られた符号化特性のパラメータを用いて、フレーム毎の符号量割り当て(ビットアロケーション)と符号化特性を動画シーケンス全体にわたって、つまり一連の連続した入力動画画像信号10の全体にわたって行う(ステップS3)。この符号量割り当てでは、与えられた平均ビットレートの下で均等な画質が得られるように行われる。次に、ステップS3により割り当てられた符号量の下で、VBV(Video Buffering Verifier)の条件チェックを行う(ステップS4)。VBVは既に知られているように、MPEGビデオ符号化で定義される仮想デコーダモデルであり、仮想デコーダにおける受信バッファ(VBVバッファ)モデルにおいて、アンダーフロー及びオーバーフローが発生しないように発生符号量のバースト性を制限しなければならぬというものである。

【0024】MPEGビデオ符号化データは、VBVモデルに適合することが規格上、義務付けられている。任意の符号量割り当てを行うと、VBVの条件を満たさなくなる場合がある。このような場合には、ステップS4の後にステップS3で行われた符号量割り当てについての修正(ビットアロケーション修正)を行い(ステップS5)、また必要に応じてフレームスキップ(フレーム間引き)の挿入、すなわちフレームスキップ割り当て(フレームスキップアラケーション)を行う(ステップS6)。ステップS5及びS6の処理は、ステップS4

でVBVの条件が満たされる。

【0025】VBV条件が満たされた符号量割り当ての修正及びフレームスキップの割り当てが完了した後、ステップS3で行われた符号量割り当て（ステップS5で符号量割り当てが修正された場合は修正後の符号量割り当て）とステップS6で行われたフレームスキップ割り当ての結果とを符号量割り当て／フレームスキップ割り当てでデータ12を用いて、第1符号化に供されたのと同じ動画画像10に対して第2符号化を行う（ステップS7）。

【0026】第2符号化では、基本的に第1符号化と同様の符号化方式を用いる。但し、第2符号化では符号量割り当て／フレームスキップ割り当てでデータ12に従って、発生符号量が与えられた符号量になるようにレート制御が行われ、またフレームスキップ処理が適宜行われる。第2符号化によって、最適化された符号化データ13が出力される。

【0027】次に、図3を用いて図2中の符号化特性推定ステップ（S2）の処理について具体的に説明する。一般に、動画画像符号化データの発生符号量は量子化スケールに対して変化するが、量子化スケールの調整によって発生符号量の制御が行われる。図3（a）に、量子化スケールと発生符号量の関係を表したグラフを示す。図3（a）において傾斜は量子化スケール、傾斜は発生符号量を示している。また、これら発生符号量と量子化スケールの関係は、画像毎に、つまり画像の性質に応じた変化する。例えば、画像の解像度が高くなるに従い、あるいは画像の変化が激しくなるに従って、符号化特性ある図3（a）において破綻矢印で示した方向に変化する。図3（a）において破綻矢印で示した方向に変化する。符号化特性推定ステップ（S2）では、図3（a）³⁰

$$R_i = A_i Q_i^{-1} + B_i$$

【0032】式（1）において、 R_i は1番目のフレームの推定発生符号量、 A_i 及び B_i は1番目のフレームの符号化特性を示すパラメータ、 Q_i は量子化スケールである。ここで A_i は符号化困難度を示し、これが大きいほど同一量子化スケールを用いた場合の発生符号量が大きくなる。 B_i は量子化スケールに依存しない一定の符号量を示す項であり、例えばヘッダ部分などの固定の符号量などを示す。

【0033】第1符号化において、フレーム毎に固定の量子化スケールを用いて符号化を行い、フレーム毎の発生符号量を量子化の影響を受ける部分とヘッダ等の量子化の影響を受けない部分とに分離して集計することで、式（1）におけるパラメータ A_i 及び B_i をフレーム毎に決定することが可能である。

【0034】次に、図4及び図5を用いて図2中の符号量割り当てステップ（S3）について詳しく説明する。MPPEGビデオ符号化のような動画画像符号化における符号量制御は、大きく分けて固定ビットレート符号化（C

*に示したような符号化特性が求められる。

【0028】一方、図3（b）は量子化スケールと復号再生画像信号のSN比との関係を示している。復号再生画像信号は、動画画像符号化装置により得られた動画画像信号データを動画画像復号装置により復号して得られた動画画像信号である。MPPEGビデオ符号化のような量子化を行う符号化では、量子化スケールの増加に伴って符号化歪が増加し、復号再生画像信号のSN比が低下する。符号化歪は、一般例には量子化スケールによって決まり、画像の性質には依存しない。現像特性を考慮した量子化歪み（空間周波数ごとに量子化歪が変動する）を用いる場合は、必ずしもこの限りではないが、一般に量子化スケールに対してSN比は単調減少する特徴がある。

【0029】従って、動画画像シーケンス全体にわたって安定した再生画質を得るためには、量子化スケールの変動を抑制して、なるべく均一の量子化スケールを用いればよい。但し、仮に量子化スケールを同一とした場合、上述の通りフレーム毎の発生符号量は画像の性質に依存して変化するものとなる。

【0030】量子化スケールの変動を抑え、かつ所定のビットレートで符号化を行うためには、図3（a）に示した符号化特性を周期的に、例えばフレーム毎に求める必要がある。符号化特性、すなわち発生符号量と量子化スケールの関係は、指数関数や高次の関数で近似することが可能である。ここでは、最も単純な例として、次式により符号化特性を近似した場合について説明する。

【0031】
【数1】

（1）

BR）と可変ビットレート符号化（VBR）に分類できる。CBRでは、一定のビットレートで符号化を行うため、量子化スケールを変動させて符号量を一定にする必要がある。量子化スケールを変動させると、それに応じて画質変動が発生する。一般に、符号化困難度（ A_i ）の低い高解像度あるいは動きの激しい画像で、画質が低下する。

【0035】図4（a）（b）（c）は、CBRにおけるビットレート変動、VBVパッファの占有量変動及びSN比の変動を示している。ビットレート及びVBVパッファの変動は非常に小さくなり、逆に画像の性質の変動に応じてSN比、つまり画質が変動するものとなる。【0036】一方、図5（a）（b）（c）は、VBRにおけるビットレート変動、VBVパッファの占有量変動及びSN比の変動を示している。VBRでは、画像の性質に合わせてビットレートを変動させることによりSN比の変動が小さくなり、安定した画質が得られることが分かる。

【0043】図6（b）は、アンダーフローが最初に発生するフレームに対する符号量割り当てを削減した例であり、これによりパッファアンダーフローが回避される。図6（c）は、アンダーフローが最初に発生するフレームに対する符号量割り当ての修正処理を終了する。符号量割り当ての削減は、該当するフレームに対する量子化スケールを符号量割り当てステップ（S3）で得られた量子化スケールより徐々に大きくすることで、符号化特性推定ステップ（S2）で求めた該当するフレームの符号化特性から符号量の削減量を推定して行われる。但し、大幅に量子化スケールを大きくすると、そのフレームの画質が大幅に低下するため、量子化スケールの上限は、符号量割り当てステップ（S3）で求めた量子化スケールを基準とした所定範囲の値を超えない値とする。これにより、VBVの制約に伴う急激な画質劣化を抑制することが可能となる。

【0044】図6（c）とは異なる符号量割り当て修正方法を示したものである。図6（c）では、アンダーフローが発生するフレームから、VBVパッファ占有量が最大値となるフレームまで遡って、その間全てのフレームにおける符号量割り当てを削減すること、アンダーフローを防ぐ。この場合、各フレームに対して、符号量割り当ての修正量を最小限に抑えられた。VBVの制約に伴う画質変動を図6（b）の場合に比べて、さらに小さくすることが可能となる。

【0045】図7（d）は、図6（c）の処理によりVBVアンダーフローを防ぐための符号量割り当ての修正を行ったが、量子化スケールの上限値までの間にアンダーフローが回避できなかった場合の例を示している。この場合は、フレームスキップ割り当てステップS6により、フレームスキップを挿入することで、VBVパッファのアンダーフローを回避する。

【0046】図7（d）の例では、図7（c）のように1フレームをスキップする（間引く）だけでは、アンダーフローが回避されない。この場合は、さらに図7（f）のように複数のフレーム（ここでは2フレーム）スキップさせることで、VBVアンダーフローを回避する。但し、図7（f）のように連続する複数のフレームがスキップされると、動画として局所的なフレームレートが大幅に低下し、動きが荒い映像となってしまう。【0047】そこで、図7（g）のように、連続したフレームのスキップは避けて、アンダーフローが発生するフレームから、時間的に遡って間欠的にフレームスキップさせることで、局所的なフレームレートの大幅な低下を抑えることが可能となり、自然な動きを保ちつつVBVアンダーフローを防ぐことが可能となる。

【0048】ところで、上述したようにVBVの制限を満たすために第2符号化でフレームスキップを実行すると、第2符号化でのフレーム間制御の予測精度が第1符号化と異なる構造に変化し、第1符号化において符号化特性推定ステップ（S2）で求めた符号化特性の精度が

11

第2符号化で低下する場合がある。図8はフレームスキップによる予測構造の変化の一例であり、(a)が第1符号化における各フレームのピクチャを示し、(b)が第2符号化における各フレームのピクチャタイプを示している。ピクチャタイプは予測符号化における符号化の種類を示す符号化タイプであり、Iはフレーム内符号化を行うフレーム（Iピクチャ）、Pは前方予測符号化を行うフレーム（Pピクチャ）をそれぞれ表す。

【0049】図8の例では、第1符号化に供された図8(a)に示す入力動画画像フレームのうち、参照符号20〜23で示すフレームがスキップフレームとして切り当てられ、図8(b)のように第2符号化において間引かれる。通常、Iピクチャは固定の符号化対象フレーム数毎に用いられることが一般的であり、ここでは第1符号化及び第2符号化において、I3符号化対象フレーム毎に1回の割合でIピクチャが用いられる例を示している。

【0050】この場合、スキップするフレーム数に応じて第1符号化と第2符号化とでIピクチャとして符号化されるフレームの位置が異なってしまう。すなわち、フレームスキップにより第1符号化と第2符号化とでピクチャタイプのミスマッチが発生する。IピクチャとPピクチャとでは符号化特性が大幅に異なるため、このようなピクチャタイプのミスマッチがあると、図2中の符号化特性推定ステップ(S2)で求めた符号化特性で正しく発生符号量の推定を行うことが困難となり、符号量割り当ての最適化が困難となる。

【0051】この問題に対しては、図9に示すようにフレームスキップの有無によらず各フレームのピクチャタイプを第1符号化と第2符号化とで一致させることにより、ピクチャタイプのミスマッチに伴う符号化特性の推定精度低下を抑えることが可能となる。

【0052】但し、図9のように各フレームのピクチャタイプを一致させた場合でも、フレーム間予測における参照画像と符号化対象画像との関係は変化する場合がある。図10は、Pピクチャのフレームスキップに伴うフレーム間予測関係の変化を示している。図10(a)は、固定フレームレートの符号化であり、この予測構造により第1符号化が実施される。図中の矢印は、フレーム間予測における参照画像から符号化対象画像へ関係を示している。

【0053】図10(b)は、図10(a)におけるフレームP2が第2符号化においてスキップされた例を示している。符号化対象画像がP3の場合、第1符号化では参照画像はP2が用いられるが、第2符号化では参照画像はP1としてP3の符号化が行われる。

【0054】図10(c)は、図10(a)におけるフレームP2及びP3がスキップされた例である。符号化

12

対象画像がP4の場合、第1符号化においてはP3を参照画像とするが、第2符号化においてはP1を参照画像とすることになる。

【0055】一般に、参照画像と符号化対象画像とのフレーム間距離が大きくなるほど、予測効率が低下し、同一単子化スケールに対して発生符号量は増加する。さらに、スキップしたフレームの中にシーンチェンジ点が含まれていたら、予測効率は大幅に低下する。

【0056】一方、図11(a)に示すように符号化対象画像に何方向予測符号化画像（Bピクチャ）が含まれる場合は、Bピクチャ自体は参照画像として用いられないため、図11(b)に示すようにBピクチャとして符号化されるフレームの中からスキップフレームを選択すれば、図12に示すように第2符号化において符号化されるフレームの予測構造は第1符号化のそれと一致する。

【0057】すなわち、図12(a)は固定フレームレートの符号化であり、この予測構造により第1符号化が実施される。図12(b)は、図12(a)におけるフレームB1が第2符号化においてスキップされた例を示している。図12(c)は、図12(a)におけるフレームB1及びB2がスキップされた例である。図12(b)(c)のいずれの第2符号化においても、予測構造は第1符号化の図12(a)の場合と同じである。従って、図2中の符号化特性推定ステップ(S2)で求められた符号化特性は、フレームスキップの有無によらず、修正することなく利用することが可能となる。

【0058】図9及び図10で説明したように、フレームスキップに伴う予測効率の低下が発生する場合は、符号化特性推定ステップ(S2)で求めた符号化特性の精度が低下し、VBVを考慮した符号量配分の最適化が困難となる。そこで、以下に示す手順で符号化特性の修正を行う。

【0059】図13に、フレームスキップの状況とそれに伴う符号化特性修正の手順のフローチャートを示す。図13は、図2におけるフレームスキップ割り当てステップ(S6)の処理を詳細に示したものである。

【0060】VBVチェックステップ(S4)によりVBVのアンダーフローが推定された場合、上述の通り符号量割り当て修正ステップ(S5)により符号量割り当てを修正した後、ステップS10によりVBVのアンダーフローが改善されたか否か、つまりフレームスキップの必要性をチェックし、VBVアンダーフローが改善されていない場合は、フレームスキップが必要と判断して、フレームスキップを行うフレームの状況を行う。

【0061】第2符号化において、フレームスキップを行うべきフレームの直後にスキップされずに符号化されるフレームがIピクチャ（ステップS11でYes）の場合は、第2符号化においてフレームスキップを行う第1符号化とのフレーム間予測構造の違いは発生しないた

13

め、スキップフレームを追加し、符号化特性の修正は行われない。また、スキップ可能なBピクチャがVBVアンダーフロー推定フレームの前方の存在している場合(S12)は、該当するBピクチャをスキップフレームとする。この場合も、第1符号化とのフレーム間予測構造の違いは発生しないため、符号化特性の修正は行わない。

【0062】一方、図10に示したように、第2符号化におけるフレームスキップにより、スキップフレーム直後に符号化されるフレームにおいて参照画像が第1符号化における参照画像と異なってしまう場合、以下に示すような符号化特性パラメータの修正を行い、また符号化特性パラメータの修正に応じて当該符号化対象フレームに対する符号量割り当てを修正する。

【0063】ここでは、図10の場合を例にとって符号化特性パラメータの修正を行う方法について述べる。前述した通り、式(1)における Λ_1 はI番目のフレームの符号化困難度を示している。I番目のフレームがフレーム間予測符号化フレーム（PピクチャまたはBピクチャ）の場合、 Λ_1 はフレーム間予測効率の影響を受け、 Λ_1 の時間変化を見ることが、シーンチェンジ点を検出することが可能である。例えば、図10(a)においてP1、P2、P3の各フレームにおける Λ_1 をそれぞれ Λ_1 、 Λ_2 、 Λ_3 とすると、 Λ_3 の値が Λ_1 、 Λ_2 の値に比べて突出して大きくなっている場合、P1とP2の間でシーンが切り替わったということが推測可能である。この場合、図10(b)におけるP3あるいは図10(c)におけるP4に対する参照画像となるP1は、符号化対象であるP3あるいはP4と異なるシーンの映像となってしまう。符号化効率が低下することが予測される。

式(1)における Λ_1 はI番目のフレームの符号化困難度を示している。I番目のフレームがフレーム間予測符号化フレーム（PピクチャまたはBピクチャ）の場合、 Λ_1 はフレーム間予測効率の影響を受け、 Λ_1 の時間変化を見ることが、シーンチェンジ点を検出することが可能である。例えば、図10(a)においてP1、P2、P3の各フレームにおける Λ_1 をそれぞれ Λ_1 、 Λ_2 、 Λ_3 とすると、 Λ_3 の値が Λ_1 、 Λ_2 の値に比べて突出して大きくなっている場合、P1とP2の間でシーンが切り替わったということが推測可能である。この場合、図10(b)におけるP3あるいは図10(c)におけるP4に対する参照画像となるP1は、符号化対象であるP3あるいはP4と異なるシーンの映像となってしまう。符号化効率が低下することが予測される。

$$A'_i = A_i + \max(0, A_i - A_j) \times \left(1 - \frac{1}{1 + K \times r^2}\right) \quad (2)$$
$$B'_i = B_i$$

【0068】ここで、 Λ_n' 及び B_n' が修正後の符号化特性パラメータである。また、Kは定数である。式(2)では、これらのパラメータのうち符号化困難度を表すパラメータ Λ_n' は、フレームスキップが無い場合、すなわち $r=0$ の場合は Λ_n と一致し、またフレームスキップ数が増えるほど、符号化対象画像と参照画像とのフレーム間距離の2乗に反比例して低下し、フレーム間距離が無制限のとき近傍のIピクチャの符号化困難度 Λ_{n+1} に収束するというものである。

【0069】図14に、式(2)の特性をグラフで示す。横軸は参照画像と符号化対象画像のフレーム間距離 $(r+1)$ 、縦軸は修正後の符号化特性パラメータ Λ_n' を Λ_{n+1} で正規化した値を示す。また、図中の破綻矢印は第1符号化における符号化困難度 Λ_n を Λ_{n+1} で正規化した値 Λ_n/Λ_{n+1} の増加方向を示している。図14からも分かる通り、符号化対象画像の符号化特性

14

【0064】このようにフレームスキップの結果、スキップフレームの直後に符号化されるフレームと参照画像との間にシーンチェンジ点が含まれている場合は、シーンチェンジ点直後のフレームにおける符号化特性パラメータをスキップフレームの直後に符号化されるフレームの符号化特性パラメータとして用いる。図10の例では、P2の符号化特性パラメータを図10(b)におけるP3あるいは図10(c)におけるP4の符号化特性パラメータとして用いる。このように、シーンチェンジ点を考慮して符号化パラメータの修正を行うことで、符号化特性の推定精度の低下を抑えることができる。その結果、効率的な符号量配分を行うことが可能となる。

【0065】逆説するフレームスキップの中にシーンチェンジが含まれない場合でも、参照画像と符号化対象画像とのフレーム間距離が大きくなると、完全な静止画像でない限り、一般に予測効率が低下する。そこで、フレームスキップの中にシーンチェンジが含まれない場合は、次のように符号化特性の修正を行う。

【0066】今、n番目のフレームがフレームスキップ直後の符号化対象画像であり、そのフレームに関する式(1)で示した符号化特性パラメータを Λ_n 、 B_n とする。また、n番目のフレームに最も時間的に近いIピクチャの符号化特性パラメータを Λ_{n+1} 、 B_{n+1} とする。さらに、n番目のフレームの直前の連続するフレームスキップ数をrとする。ここで、これらのパラメータに応じて、n番目のフレームの符号化特性パラメータを式(2)に示すように修正する。

30

$$\text{【0067】}$$
$$\text{【数2】}$$

は符号化対象画像と参照画像とのフレーム間距離が大きくなるにつれて、近傍のIピクチャの符号化特性に近づくものとなる。

【0070】このような符号化特性パラメータ補正処理により、VBVの制約を満たすために第2符号化においてフレームスキップが用いられる場合でも、符号化特性の推定精度の低下を防ぐことが可能となり、VBVの制約を満たしつつ安定した高画質を得るための最適な符号量割り当てを求めることが可能なる。

【0071】以上説明した本実施形態の特徴と、それによる効果を整理すると、次の通りである。

(1) まず、第1符号化ステップにおいて、フレーム単位で入力される入力動画画像のフレームを固定フレームレートで符号化してフレーム毎の発生符号量を含む統計データを生じ、この統計データに基づいて入力動画画像の各フレームに対する符号量割り当て及び量子化スケール割り

当ての少なくとも一方と、各フレームのフレームスキップ割り当てを決定する。次に、第2符号化ステップにおいて、決定された符号量割り当て及び量子化スケール割り当ての少なくとも一方と各フレームのフレームスキップ割り当てに従って人力動画像信号を符号化し、最終的な符号化データである符号列を生成する。これにより、第2符号化においてフレームスキップ可変の符号化を行う場合でも、最適な符号量割り当てを行うことができる。

【0072】すなわち、第1符号化と第2符号化でフレームスキップの発生が異なってしまうと、第1符号化に用いた統計データを用いて第2符号化のための正確かつ最適なフレーム単位の符号量割り当てを行うことが困難となってしまう。これに対し、本実施形態では第1符号化においてはフレームスキップを発生させず、人力動画像信号を固定フレームレートで全てのフレームについて符号化する。これにより、全てのフレームに対する発生符号量の情報が得られるため、第2符号化における最適なフレームスキップ割り当てを決定して、第2符号化を行うことが可能となる。

【0073】また、通常フレームスキップの発生率は、第2符号化におけるビットレートによって変動するが、本実施形態によれば第2符号化におけるビットレートによらずに、第1符号化を行うことができる。すなわち、第1符号化を一度行えば、第1符号化で得られた統計データから、複数の異なるビットレートにおける符号量割り当て及び最適なフレームスキップ割り当てを算出することが可能となる。従って、同一の動画像素材に対して複数の異なるビットレートの符号化データを作成する場合に、各ビットレート毎に2回の符号化を行う必要がなく、第1符号化は一度で済むので、総符号化回数が削減される。

【0074】(2) 符号量割り当て及び量子化スケール割り当ての少なくとも一方を決定する際、第2符号化で可変ビットレートの符号化を行うように、符号量割り当て及び量子化スケール割り当ての少なくとも一方を決定する。固定レート符号化において画質変動を抑制しようとすると、一般にフレームスキップが多く発生し、逆にフレームスキップを抑制しようとする、画質変動が大きくなってしまふ。これに対して、本実施形態では第2符号化に可変ビットレート割り当て及び量子化スケール割り当ての少なくとも一方を決定しているため、可変ビットレートに対する符号量割り当て及び量子化スケール割り当ての少なくとも一方を決定しているため、可変ビットレート符号化とフレームスキップの最適配置の相乗効果により、フレームスキップの発生率を最小限に抑え、かつ画質変動をなくすることが可能となる。

【0075】(3) 統計データから第2符号化ステップにおける各フレームの発生符号量と量子化スケールとの関係を示す関数のパラメータを推定し、該パラメータを用いて前記符号量割り当てを決定する。また、こうして決定された符号量割り当て及び量子化スケールの少な

くとも一方を用いて仮定受信バッファの占有量の時間変化を推定し、最大の量子化スケールを用いても仮定受信バッファのアンダーフローの発生が推定された場合には、アンダーフローの発生を防止すべくフレームスキップ割り当てを決定する。フレームレートやビットレートをシーン毎に画像の性質に合わせて変動させる場合、MPEGで規定されるVBVの制限は一般に満たされなくなり、バッファのオーバフローあるいはアンダーフローが発生する危険性がある。一方、本実施形態によると第1符号化における統計データから、各フレームの発生符号量と量子化スケールとの関係を高精度に示す関数のパラメータを推定することが可能となるため、フレーム毎の最適符号量割り当てに伴う仮定受信バッファ占有量の時間変化を精度よく推定することができる。推定した仮定受信バッファ占有量の時間変化において、バッファアンダーフローの発生が予測される場合にフレームスキップの実行を決定することにより、VBVの制限を満たし、かつフレームスキップの発生を最小限に抑制して、スムーズな画質を得ることが可能となる。また、仮定受信バッファ占有量の時間変化の推定において、量子化スケール変動の最大値を抑制すること、VBVの制限に伴う画質の低下も抑制することができる。

【0076】(4) 仮定受信バッファのアンダーフローの発生が推定された場合、アンダーフローの発生が推定されるフレームより時間的に遡ったフレームのフレームスキップ割り当てを決定する。VBV管理を満たすためのフレームスキップ割り当ての決定において、連続した複数のフレームをスキップするように決定すると、その部分でのフレームレートが大幅に低下し、再生される動画像の動きが荒くなってしまふ。違和感がある動画像となってしまう。本実施形態によると、フレームスキップ割り当ての決定がオフライン処理となっており、すなわち第2符号化中にフレームスキップ割り当てを決定するのではなく、第1符号化の終了後、動画像シーケンス全体にわたって符号量割り当てとフレームスキップ割り当てを決定し、その後第2符号化を行うという構成となるため、仮定受信バッファのアンダーフロー発生が予測されるフレームから、時間的に遡ったフレームにおけるフレームスキップ割り当てを決定することができ、この性質を利用して、仮定受信バッファのアンダーフロー発生が予測される時点でより遡って時刻から、徐々にフレームレートが低下するように、フレームスキップ割り当てを決定する。これによりフレームレートの低下を最小限に抑えることが可能となり、フレームスキップに伴って発生される動画像の動きが荒くなることを抑制することができる。

【0077】(5) フレームスキップ割り当てを決定するステップによってフレームスキップの実行が決定されたフレームの直後に符号化されるフレームにおいて、

(a) フレームスキップの実行が決定されたフレーム数、(b) フレームスキップの実行が決定されたフレームにおける前記発生符号量と量子化スケールとの関係を示す関数のパラメータ及び(c) フレームスキップの実行が決定されたフレームの直後に符号化されるフレームの符号化タイプに応じて、フレームスキップの実行が決定されたフレームの直後に符号化されるフレームの発生符号量と量子化スケールとの関係を示す関数のパラメータを変更することにより、符号量割り当て及び量子化スケールの少なくとも一方を修正するステップから第2符号化における発生符号量を精度よく推定することが困難となる。第1符号化で得られた統計データから第2符号化における発生符号量を精度よく推定することが困難となる。第2符号化における発生符号量推定の精度を上げることが可能となり、第2符号化において安定した高画質符号化を行うことが可能となる。

【0078】(6) 第1符号化及び第2符号化においてフレーム毎に符号化タイプを選択可能とし、人力動画像信号の同一フレームに対する第1符号化及び第2符号化における符号化タイプを一致させる。MPEG動画像符号化方式では、通常、フレーム間符号化を行うIピクチャ、前方フレーム間符号化を行うピクチャ、両方向フレーム間符号化を行うBピクチャを組み合わせて符号化を行う。これらの符号化タイプは、それぞれ符号化効率が異なり、同一動画像であっても符号化タイプにより量子化スケールに対する発生符号量の大きさが異なってくる。従って、第1符号化と第2符号化で同一のフレームに対する符号化タイプが異なってしまうと、第2符号化における発生符号量予測を正確に行うことが困難となる。本実施形態のように第1符号化と第2符号化で同一フレームに対する符号化タイプをそれぞれ一致させると、第2符号化における発生符号量予測を正確に行うことが可能となる。

【0079】
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば固定フレームレートの下で第1符号化を行い、第1符号化で得られた統計データに基づいて例えば各フレームの符号化特性パラメータを算出し、これらの符号化特性パラメータを用いてVBVの制約と安定した高画質を両立するフレーム毎の符号量割り当て及び量子化スケール割り当ての少なくとも一方とフレームスキップ割り当てを行い、割り当てられた符号量及びフレームスキップに従って

第2符号化を行うことで、所定のビットレート条件の下で最適化された高画質符号化を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る動画像符号化装置の概略構成を示すブロック図

【図2】同実施形態に係る動画像符号化の処理手順を示すフローチャート

【図3】動画像の符号化特性を説明する図

【図4】固定ビットレート符号化の特性を説明する図

【図5】可変ビットレート符号化の特性を説明する図

【図6】同実施形態における符号量及びフレームスキップ割り当てを説明する図

【図7】同実施形態における符号量及びフレームスキップ割り当てを説明する図

【図8】同実施形態におけるIピクチャのフレームスキップに伴う予測構造の変化の一例を説明する図

【図9】同実施形態におけるIピクチャのフレームスキップに伴う予測構造の変化の他の例として第1符号化と第2符号化とで各フレームのピクチャタイプを一致させた例を説明する図

【図10】同実施形態におけるIピクチャのフレームスキップに伴うフレーム間予測関係の変化を説明する図

【図11】同実施形態におけるBピクチャのフレームスキップに伴う予測構造の変化を説明する図

【図12】同実施形態におけるBピクチャのフレームスキップに伴うフレーム間予測関係の変化を説明する図

【図13】同実施形態におけるフレームスキップに伴う符号化特性の修正処理の手順を示すフローチャート

【図14】同実施形態におけるフレームスキップに伴う符号化特性の修正を説明する図

【符号の説明】

1…著信メディア

2…符号化部

3…符号化特性推定部

4…符号量/量子化スケール割り当て部

5…フレームスキップ割り当て部

10…動画像信号著信メディア

11…符号化統計データ

12…符号量割り当て/フレームスキップ割り当てデータ

13…符号化データ

S1…第1符号化ステップ

S2…符号化特性推定ステップ

S3…符号量割り当てステップ

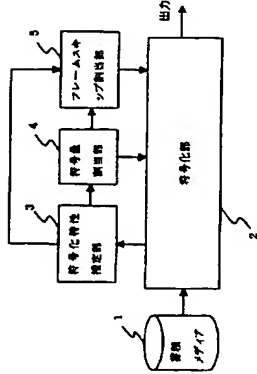
S4…VBVチェックステップ

S5…符号量割り当て修正ステップ

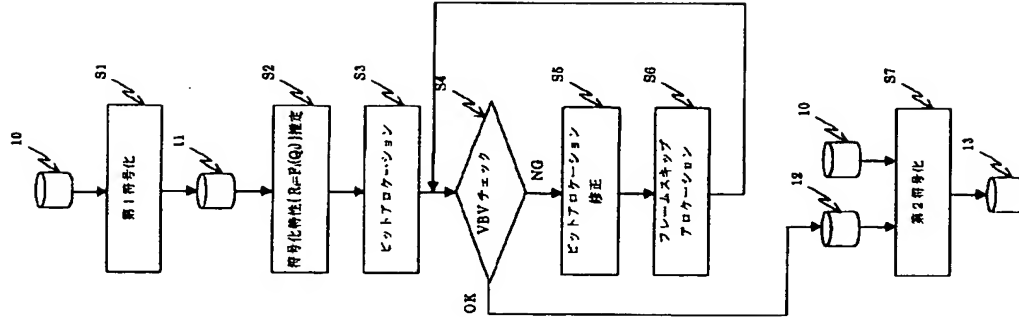
S6…フレームスキップ割り当てステップ

S7…第2符号化ステップ

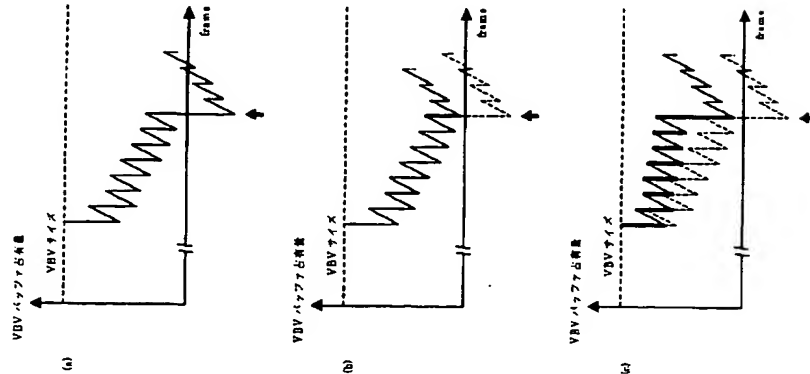
【図1】



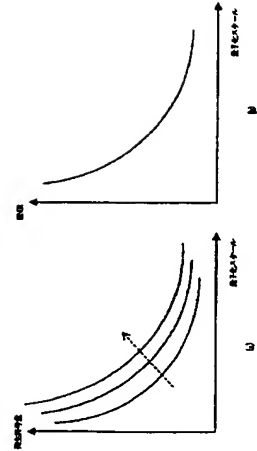
【図2】



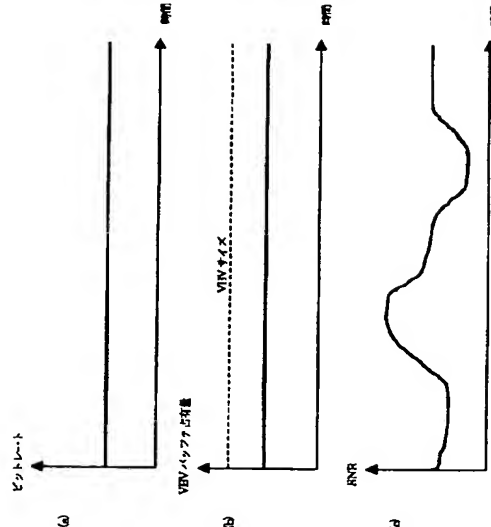
【図6】



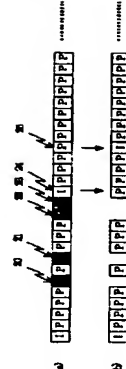
【図3】



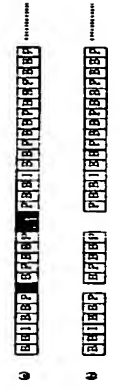
【図4】



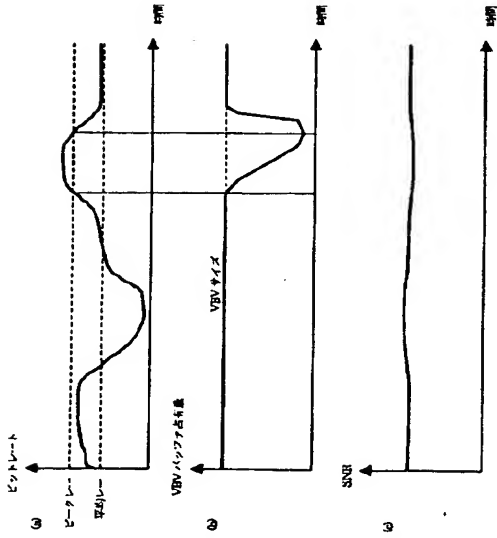
【図8】



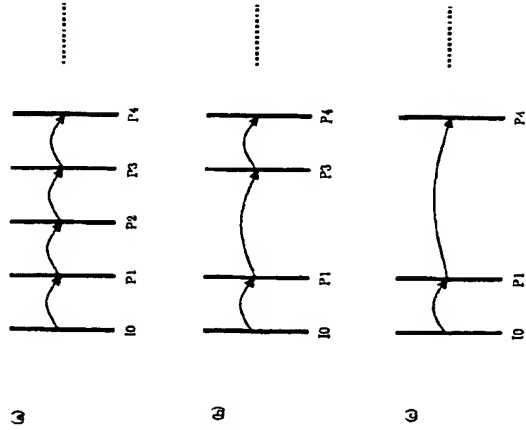
【図11】



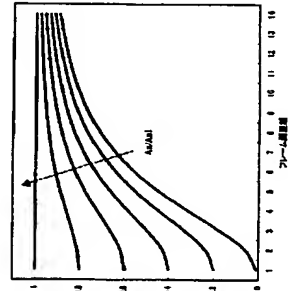
【図5】



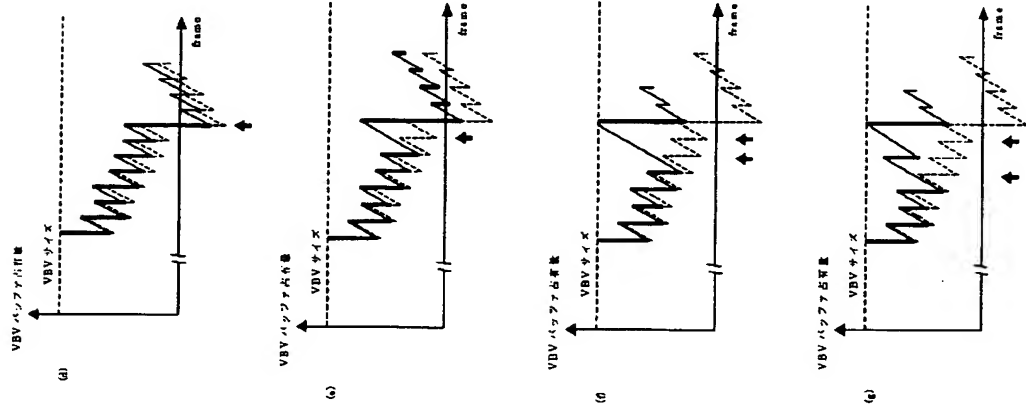
【図10】



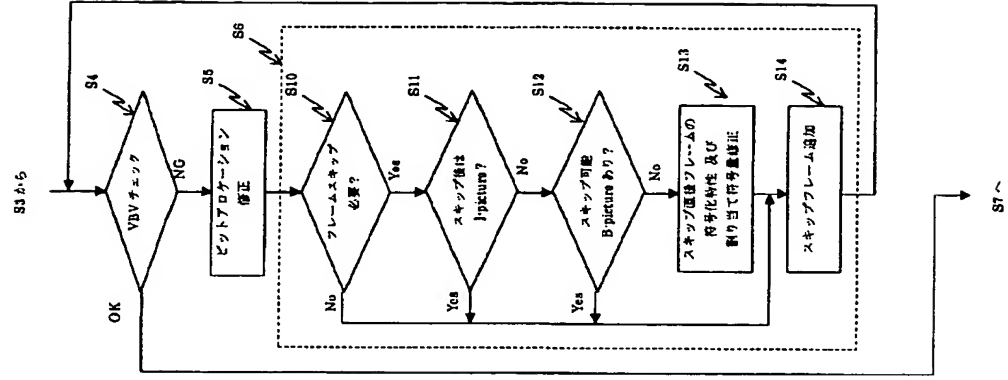
【図14】



【図7】



【図13】



【図12】

